

Sensor for measuring radiation and currents has a membrane layer spaced from a silicon body using contact columns

Patent Number: DE19932308
Publication date: 2001-01-18
Inventor(s): FREY WILHELM (DE); FUNK KARSTEN (DE)
Applicant(s):: BOSCH GMBH ROBERT (DE)
Requested Patent: ☐ DE19932308
Application Number: DE19991032308 19990710
Priority Number(s): DE19991032308 19990710
IPC Classification: B81B1/00 ; H01L35/32 ; G01J5/20 ; H01L35/34
EC Classification: G01J5/20, H01L35/32
Equivalents:

Abstract

Sensor comprises a silicon body (11) and a membrane layer (20) with a sensor element. The membrane layer is spaced from the silicon body using contact columns (17, 19). The columns (17) are electrically connected to the sensor element. An Independent claim is also included for a process for the production of the membrane comprising depositing a polymer layer to a base body, structuring and providing with a recess, which is then filled with a filling material. After filling the recess, a membrane layer is applied and the polymer layer removed.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Off nl gungsschrift
10 DE 199 32 308 A 1

21 Aktenzeichen: 199 32 308.9
22 Anmeldetag: 10. 7. 1999
43 Offenlegungstag: 18. 1. 2001

51 Int. Cl. 7:
B 81 B 1/00
H 01 L 35/32
G 01 J 5/20
H 01 L 35/34

DE 199 32 308 A 1

71 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:
Funk, Karsten, Dr., 70195 Stuttgart, DE; Frey,
Wilhelm, Dr., 70178 Stuttgart, DE

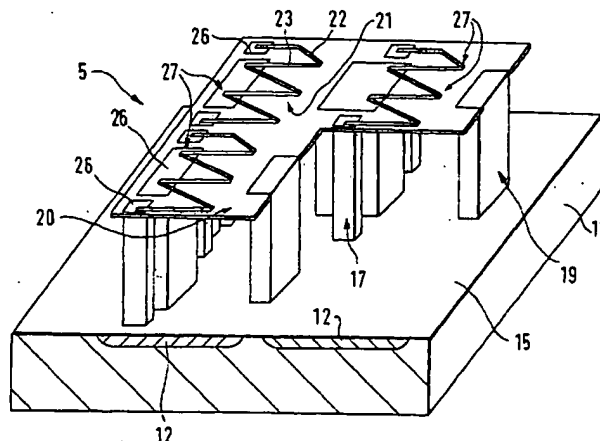
56 Entgegenhaltungen:
DE 44 18 163 A1
OLIVER, A.D. et al: "A 1024-element bulk-micro-
machined thermopile infrared imaging array",
Sensors and Actuators 73 (1999) 222-231;
COLE, B.E. et al: "Monolithic Two-Dimensional
Arrays of Micromachined Microstructures for
Infrared Applications", Proc. of the IEEE,
Vol. 86, No. 8, August 1998, 1679-1686;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Sensor, insbesondere Thermosensor, und Verfahren zur Herstellung einer weitgehend freitragenden Membran

57 Es wird ein Sensor, insbesondere ein Thermosensor mit einem Siliziumkörper (11) und einer weitgehend freitragenden, mit mindestens einem Sensorelement, insbesondere einer Thermosäule (21) versehenen Membranschicht (20) vorgeschlagen. Die Membranschicht (20) ist weiter über mindestens eine Kontaktsäule (17, 19) von dem Siliziumkörper (11) beabstandet und dadurch zumindest weitgehend getragen. Darüber hinaus kontaktiert die Kontaktsäule (17) das Sensorelement elektrisch. Daneben wird ein Verfahren zur Herstellung einer weitgehend freitragenden Membran vorgeschlagen, wobei auf einem Grundkörper zunächst eine Polymerschicht (18') abgetrennt, strukturiert und mit mindestens einer Ausnehmung (24) versehen wird. Anschließend wird die Ausnehmung (24) dann mit einem Füllmaterial gefüllt und auf die Polymerschicht (18') eine Membranschicht (20) aufgebracht. Abschließend wird die Polymerschicht (18') wieder entfernt. Das vorgeschlagene Verfahren zur Herstellung einer weitgehend freitragenden Membranschicht (20) eignet sich besonders zum Aufbau eines Sensors, insbesondere eines Thermosensors oder eines Thermosensorarrays.



DE 199 32 308 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Sensor, insbesondere einen Thermosensor, sowie ein Verfahren zur Herstellung einer weitgehend freitragenden Membran nach der Gattung der unabhängigen Ansprüche.

Stand der Technik

Thermosensoren dienen zur Messung von Strahlung oder Strömungen und arbeiten nach dem thermoelektrischen, pyroelektrischen oder thermoresistiven Prinzip. Mikromechanische Infrarotsensoren werden dabei hauptsächlich durch eine Naßätzung von Siliziumwafern in anisotropen Ätzmedien erhalten. Dazu sei beispielsweise auf A. Oliver und K. Wise, *Sensors & Actuators*, 73, (1999), Seiten 222 bis 231, verwiesen.

Alternativ wurde in der Anmeldung DE 198 43 984.9 bereits vorgeschlagen, eine chipflächensparende, anisotrope Trockenätzung von der Waferrückseite vorzunehmen oder einen rein oberflächenmikromechanischen Strukturierungsprozeß, beispielsweise mit einer Technik basierend auf porösem Silizium, zu verwenden.

Ziel ist in allen Fällen die Herstellung einer zumindest weitgehend freitragenden, schlecht wärmeleitenden Membran neben einer Wärmesenke, wie beispielsweise dem Wafertestand, um durch geeignete Thermopaare einen beispielsweise durch Wärmestrahlung hervorgerufenen Temperaturgradienten zwischen einem thermisch gut isolierten und damit heißem Kontakt auf der Membran einerseits, sowie einem am Festland verankerten oder mit diesem in Verbindung stehenden kalten Kontakt andererseits zu erzeugen und diesen zu messen. Der dabei auftretende Thermostrom ist dann ein Maß für die aufgenommene Strahlungsmenge.

Bekannte Thermosensoren und die erforderliche zugehörige Auswerteelektronik sind weiterhin üblicherweise hybrid aufgebaut d. h. das eigentliche Sensorelement ist getrennt von der Auswerteelektronik und beispielsweise mit dieser über Bonddrähte verbunden, oder das Sensorelement befindet sich beispielsweise als Schicht auf einem Keramiksubstrat, das gleichzeitig als Träger für die Auswerteelektronik dient. Ein hybrider Aufbau bietet im Fall von Einzelelementen deutliche Kostenvorteile.

Im Bereich der Innenraumsensierung von Kraftfahrzeugen, der Sicherheitstechnik und der Domotik werden zunehmend Sensorarrays gefordert, die eine immer höhere Auflösung ermöglichen. Daher muß der Abstand der einzelnen Sensorelemente, die das Array bilden ständig verkleinert werden. Dadurch wird jedoch bei der Verwendung bekannter Sensorelemente die Verbindung der einzelnen Sensorelemente mit den zugehörigen Auswerte- und Kompensations-schaltungen, beispielsweise durch Drahtbonden, immer komplexer und fertigungstechnisch aufwendiger.

Ein erster Ansatz für ein verbessertes Herstellungsverfahren für mikromechanische Strukturen und Sensorelemente, die sogenannte additive "Lost-Form-Technik", wurde bereits in der Anmeldung DE 44 18 163.9 vorgeschlagen. Dabei wird auf einem Siliziumwafer mit einer aktiven elektronischen Schaltung zunächst eine metallische Schicht und ein strukturiertes und beispielsweise durch Plasmaätzen mit Ausnehmungen versehenes Opferpolymer als Polymerform aufgetragen. Anschließend wird dann im Bereich der erzeugten Ausnehmungen eine Metallstruktur aufgewachsen und schließlich das Opferpolymer entfernt, so daß die aufgewachsenen Metallstrukturen stehen bleiben.

Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemäße Sensor und das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung einer weitgehend freitragenden Membran, insbesondere zur Herstellung eines vertikal integrierten Thermosensorarrays mit dieser Membran, haben gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, daß damit eine wesentliche Vereinfachung der elektronischen Ansteuerung der einzelnen Sensorelemente auf der erzeugten Membran ermöglicht wird. Insbesondere ist eine Verdrahtung nicht erforderlich und es können hohe Dichten von Thermosäulen oder Sensorelementen auf der Membranschicht erreicht werden. Dies ermöglicht hohe örtliche Auflösungen eines erfindungsgemäßen Sensorarrays bei einfacher elektronischer Ansteuerung.

Überdies wird durch die erzeugte, weitgehend freitragende Membran eine sehr gute und definierte thermische Isolation zwischen dem darunter befindlichen Grundkörper und der Membran oder darauf befindlichen Sensorelementen ermöglicht, die lokal durch die erzeugten Kontaktsäulen gezielt unterbrochen werden kann.

Weiterhin kann vorteilhaft auf etablierte Verfahrenstechniken, Anlagen und Materialien für die einzelnen Verfahrensschritte zurückgegriffen werden, was Kosten- und Qualitätsvorteile mit sich bringt.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den in den Unteransprüchen genannten Maßnahmen.

Besonders vorteilhaft ist im Fall des Aufbaus eines Thermosensors oder Thermosensorarrays, wenn die erzeugte, weitgehend freitragende Membranschicht aus einem gegenüber einem Metall schlecht wärmeleitenden Material, insbesondere Siliziumnitrid, besteht. Auf diese Weise können über die erzeugten Kontaktsäulen, die vorteilhaft aus einem gut wärmeleitenden Material wie beispielsweise einem Metall bestehen, gezielt Wärmesenken im Bereich der Kontaktsäulen erzeugt werden, so daß ein Temperaturgradient zwischen den von den Kontaktsäulen entfernten Bereichen und den Kontaktsäulen entsteht und über längere Zeit aufrechterhalten bleibt.

Weiterhin ist vorteilhaft, wenn eine auf der Membranschicht angeordnete Thermosäule mindestens zwei in Serie geschaltete Thermoelemente oder Thermopaare aufweist, deren Thermokontakte abwechselnd direkt mit einer thermischen Kontaktsäule und der Membranschicht in Kontakt sind. Dadurch entsteht insgesamt in der Thermosäule ein besonders großer, gut meßbarer Thermostrom als Funktion der Temperaturen der einzelnen Thermokontakte. Damit ist beispielsweise eine lokal auf die Thermosäulen einfallende Wärmestrahlung in ihrer Intensität gut meßbar und hinsichtlich lateraler Intensitätsunterschiede über die Membranschicht mit hoher lateraler Auflösung von bis zu 5 µm analysierbar.

Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnungen und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Fig. 1 einen Siliziumkörper mit einer integrierten elektronischen Schaltung während eines Verfahrensschrittes, Fig. 2 den Siliziumkörper gemäß Fig. 1 mit zusätzlichen Schichten und Strukturen nach weiteren Verfahrensschritten und Fig. 3 ein Thermosensorarray, das mit dem mittels der Fig. 1 und 2 erläuterten Verfahren hergestellt wurde.

Ausführungsbeispiele

Die Fig. 1 zeigt einen Siliziumkörper 11, beispielsweise

einen Siliziumwafer, als Grundkörper, über dem im erläuterten Beispiel ein vertikal integriertes Thermosensorarray 5 mit mehreren Thermosäulen 21 als einzelne Thermosensoren erzeugt werden soll.

Dazu wird zunächst auf dem Siliziumkörper 11 durch an sich bekannte Prozesse eine fertige, bereichsweise oberflächlich zugängliche oder mit Anschlußkontakten versehene integrierte elektronische Schaltung 12 für das Thermosensorarray 5 zur Weiterleitung und Auswertung der elektrischen Signale bzw. Thermostrome der einzelnen Thermosäulen 21 erzeugt.

Anschließend wird auf dem Siliziumkörper 11 mit der elektronischen Schaltung 12 in bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung dann eine an sich bekannte IC-Passivierung in Form einer Passivierschicht 14 mit einer typischen Dicke von 10 nm bis 5 µm, bevorzugt 100 nm bis 1 µm, aufgebracht, die bevorzugt aus Siliziumnitrid besteht und dem Schutz der elektronischen Schaltung 12 und/oder des Siliziumkörpers 11 vor Verschmutzungen, Staub, Oxidationsvorgängen oder Diffusionsprozessen dient.

Die Passivierschicht 14 wird weiter nach dem Aufbringen in an sich bekannter Weise, beispielsweise photolithografisch mit einer Maskierschicht, strukturiert und im Bereich der Aussparungen 25 wie üblich wieder geöffnet oder entfernt.

In einem weiteren Verfahrensschritt werden dann die Bereiche der Aussparungen 25 über geeignete Maskierungen und Abscheideverfahren wie Sputter- oder Metallaufdampfverfahren einerseits, je nach späterer Funktion, teilweise definiert mit einer elektrischen Kontaktierung 13 und andererseits teilweise definiert mit einer thermischen Substratankopplung 15 versehen. Dazu werden die Aussparungen 25 beispielsweise mit einem Metall, insbesondere Co, Cu, Ni, Au, Pt, Ag, Al, Ti, Pd oder Pt gefüllt.

In dem Fall, daß ein Sensor mit dem erläuterten Verfahren erzeugt werden soll, sind dabei mindestens zwei elektrische Kontaktierungen 13 erforderlich. Auf die neben den elektrischen Kontaktierungen 13 vorgesehenen thermischen Substratankopplungen kann im übrigen bei Bedarf auch verzichtet werden. Diese Funktion kann durch die elektrischen Kontaktierungen 13 mitübernommen werden.

In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung kann dieser Verfahrensschritt jedoch auch entfallen, wenn, wie im folgenden erläutert, auf die Passivierschicht 14 nach deren Strukturierung und dem im Bereich der Aussparungen 25 vorzunehmenden Öffnen und Entfernen der Passivierschicht 14, eine Abscheideschicht 16 mit einer typischen Dicke von 5 nm bis 5 µm, bevorzugt von 100 nm bis 1 µm, ganzflächig auf dem Siliziumkörper 11 abgeschieden wird. Diese Abscheideschicht 16 ist bevorzugt ein elektrisch gut leitendes Material, insbesondere ein Metall wie Co, Cu, Ni, Au, Pt, Ag, Al, Ti, Pd oder Pt, und dient als sogenannte "plating-base" für ein im weiteren eingesetztes galvanisches Abscheideverfahren. In diesem Fall werden die thermischen Substratankopplungen 15 und/oder die elektrischen Kontaktierungen 13 durch die Abscheideschicht 16 gewährleistet und gebildet.

Die elektrischen Kontaktierungen 13 stellen dabei eine elektrisch leitende und bevorzugt auch eine wärmeleitende Verbindung zwischen der in dem Siliziumkörper 11 integrierten elektronischen Schaltung 12 und den später aufzubringenden Sensorelementen her. Analog stellen die thermischen Substratankopplungen 15 eine bevorzugt gut wärmeleitende Verbindung zwischen den später aufzubringen Sensorelementen und dem Siliziumkörper 11 her, wobei die thermischen Substratankopplungen 13 elektrisch gegenüber der integrierten elektronischen Schaltung 12 isoliert sind bzw. in Bereichen erzeugt werden, in denen die elektroni-

sche Schaltung 12 fehlt. Bevorzugt stehen sie in direktem Kontakt mit dem Siliziumkörper 11.

Die Fig. 2 erläutert die auf Fig. 1 folgenden Verfahrensschritte. Dazu wird auf der ganzflächigen Abscheideschicht 16 des gemäß Fig. 1 vorbereiteten Siliziumkörpers 11 eine im Vergleich zu der Dicke der Abscheideschicht 16 dicke Polymerschicht 18' aus einem Polymer 18, insbesondere einem Fotolack, aufgebracht. Die Dicke der Polymerschicht 18' liegt typischerweise bei 0,1 µm bis 50 µm, bevorzugt bei 1 µm bis 5 µm. Diese Polymerschicht 18' wird dann weiter in an sich bekannter Weise, insbesondere photolithografisch, mit entsprechenden Maskierungen strukturiert und dann in den Bereichen der Ausnehmungen 24 mit einem anisotropen, trockenchemischen Plasmaätzverfahren bis zum Erreichen der Abscheideschicht 16 geätzt, so daß eine Negativform für die Abscheidung von Säulen entsteht.

Die Ausnehmungen 24 und die Aussparungen 25 sind dabei derart abgeordnet, daß sie zumindest weitgehend übereinander liegen.

Die Polymerschicht 18' dient im weiteren Verfahren als sogenanntes "Lost-Form-Polymer".

Hinsichtlich weiterer, dem Fachmann bekannter Details der mit Hilfe der Fig. 1 und 2 erläuterten Verfahrensschritte sei auf die Patentanmeldung DE 44 18 163.9 verwiesen.

Nach dem Erzeugen der Ausnehmungen 24 in der Polymerschicht 18' die beispielsweise einen kreisförmigen, quadratischen oder rechteckigen Querschnitt aufweisen und in der Tiefe bis auf die Abscheideschicht 16 reichen, werden die Ausnehmungen 24 über einen galvanischen Abscheideprozeß in an sich bekannter Weise mit einem Metall, insbesondere Co, Cu, Ni, Al, Au, Pt, Ag, Ti, Pd oder Pt, gefüllt. Dadurch entstehen elektrische Kontaktsäulen 17 und/oder thermische Kontaktsäulen 19, die im Fall der elektrischen Kontaktsäulen 17 entweder über die Abscheideschicht 16 und die elektrische Kontaktierung 13 elektrisch leitend und bevorzugt auch gut wärmeleitend mit der elektronischen Schaltung 12 in Verbindung stehen, oder im Fall der thermischen Kontaktsäulen 19 über die Abscheideschicht 16 und die thermische Substratankopplung 15 gut wärmeleitend mit dem Siliziumkörper 11 in Verbindung stehen.

Die Kontaktsäulen 17, 19 dienen im weiteren als Abstandshalter zwischen dem Siliziumkörper 11 und einer zu erzeugenden, weitgehend freitragenden und von den Kontaktsäulen 17, 19 gestützten oder zumindest weitgehend getragenen Membranschicht 20. Außerdem haben sie die Aufgabe, später die elektrische Kontaktierung eines beispielsweise auf dieser Membranschicht 20 angeordneten Sensorelementes oder Arrays von Sensorelementen zu ermöglichen und dessen Verbindung und Ansteuerung über die elektronische Schaltung 12 zu gewährleisten.

Sofern lediglich eine weitgehend freitragende Membran erzeugt werden soll, genügt prinzipiell eine Kontaktsäule 17, 19 zur Stütze der Membran. Soll dagegen darüberhinaus mindestens ein Sensorelement auf der weitgehend freitragenden Membran angeordnet werden, sind mindestens zwei elektrische Kontaktsäulen 17 erforderlich.

Im Fall, daß auf der Membranschicht 20 im weiteren Thermosäulen 21 aufgebaut werden, so daß das Thermosensorarray 5 entsteht, leisten die Kontaktsäulen 17, 19 als "Wärmesenken" weiter eine gute thermische Ankopplung der "kalten" Kontakte der Thermosäulen 21 an den als Substrat verwendeten Siliziumkörper 11. Auf die thermischen Kontaktsäulen 19 kann dabei prinzipiell verzichtet werden, ihre Verwendung ist jedoch zum Aufbau eines Thermosensors oder eines Thermosensorarrays bevorzugt, da damit die auftretenden Thermostrome deutlich größer werden und ein permanenter Temperaturgradient zwischen den Kontaktsäulen 17, 19 als Wärmesenken und den übrigen Bereichen der

Membranschicht 20 aufrechterhalten werden kann.

Nach dem Erzeugen der elektrischen und/oder thermischen Kontaktsäulen 17, 19 wird auf die strukturierte Polymerschicht 18' dann die Membranschicht 20, die bevorzugt aus Siliziumnitrid besteht, beispielsweise über ein Nieder-
5 temperaturplasmaverfahren mit einer Dicke von 200 nm bis 1 µm erzeugt. Anschließend wird die Membranschicht 20 dann in an sich bekannter Weise mit einer Maskierschicht photolithografisch strukturiert und im Bereich der Ausnehmungen 24 mit einem an sich bekannten Ätzverfahren wieder entfernt, so daß die Stirnseiten 26 der Kontaktsäulen 17, 19 freigelegt werden und im weiteren elektrisch kontaktiert werden können.

Als Material der Membranschicht 20 eignen sich neben Siliziumnitrid auch weitere, gegenüber einem Metall
15 schlecht wärmeleitende und/oder elektrisch zumindest weitgehend isolierende Materialien wie beispielsweise Siliziumdioxid, Siliziumcarbid oder Siliziumoxycarbide.

In einem nächsten Verfahrensschritt werden dann auf der Membranschicht 20 verbliebene Reste einer Maskierschicht entfernt und die Polymerschicht 18' als "Lost-Form-Polymer" beispielsweise trockenchemisch in einem O₂-Plasma verascht. Alternativ kann die Polymerschicht 18' jedoch auch unter Einsatz eines an sich bekannten naßchemischen Prozesses entfernt werden.

Anschließend wird weiter die Abscheideschicht 16 in den Bereichen, die nicht durch die Kontaktsäulen 17, 19 maskiert sind, wieder entfernt bzw. abgeätzt.

Hinsichtlich weiterer bekannter Details der verwendeten Strukturierungs-, Abscheide- und Ätzverfahren sei erneut auf die Patentanmeldung DE 44 18 163.9 verwiesen.

Nach den erläuterten Verfahrensschritten liegt nun eine zumindest weitgehend freitragende Membran in Form der Membranschicht 20 vor, die durch die Kontaktsäulen 17, 19 von dem Siliziumkörper 11 beabstandet ist und getragen
35 wird.

Sofern die Membranschicht 20 als Träger für Sensorelemente dienen soll, so daß ein vertikal integrierter Sensor entsteht, sei betont, daß der Aufbau der Sensorelemente auf der Membranschicht 20 der Entfernung der Polymerschicht 18' bevorzugt zunächst vorausgeht. In diesem Fall werden daher zunächst auf der Membranschicht 20 verbliebene Reste der Maskierschicht und danach in Weiterführung des zuvor erläuterten Verfahrens gemäß Fig. 3 auf der Membranschicht 20 die gewünschten Sensorelemente angebracht. Besonders bevorzugt werden diese Sensorelemente derart regelmäßig angebracht und über die elektrischen Kontaktsäulen 17 mit der elektronischen Schaltung 12 verbunden, daß sich ein Sensorarray bildet.

Im weiteren wird der Aufbau eines derartigen Sensorarrays mit Sensorelementen auf der Membranschicht 20 am Beispiel eines Thermosensors oder eines Thermosensorarrays 5 erläutert. Es ist jedoch offensichtlich, daß anstelle eines Sensorarrays auch lediglich ein einzelnes Sensorelement zum Aufbau eines Sensors verwendet werden kann. Im einzelnen wird dazu auf der Membranschicht 20 zunächst mindestens eine Thermosäule 21 angebracht, so daß ein Thermosensor mit integrierter elektronischer Schaltung und Anschlußkontaktierung entsteht.

Das Aufbringen der Thermosäulen 21 auf die Membranschicht 20 erfolgt dabei bevorzugt zunächst durch Aufdampfen oder Aufputtern von beispielsweise Aluminium als erstem Thermomaterial 22 auf die Membranschicht 20 und eine sich daran anschließende photolithographische Strukturierung. Danach wird bevorzugt Polysilizium als zweites Thermomaterial 23 auf die Membranschicht 20 aufgedampft oder aufgesputtert, das anschließend ebenfalls photolithografisch strukturiert wird.

Das Aufdampfen oder Aufputtern des ersten und zweiten Thermomaterials 22, 23 und die photolithografischen Strukturierungen erfolgen dabei derart, daß sich das erste Thermomaterial 22 und das zweite Thermomaterial 23 an mindestens einer Stelle berühren, so daß ein Thermoelement oder Thermopaar mit einem Thermokontakt 27 entsteht.

Bevorzugt werden durch das Aufdampfen oder Aufputtern des ersten und zweiten Thermomaterials 22, 23 auf der Membranschicht 20 Thermosäulen 21 gebildet, die jeweils eine Mehrzahl von in Serie geschalteten Thermopaaren oder Thermokontakten 27 aufweisen. Diese Thermosäulen 21 sind weiter an ihren beiden Enden jeweils mit einer elektrischen Kontaktsäule 17 verbunden, so daß darüber eine elektrische Verbindung mit der integrierten elektronischen Schaltung 12 besteht und eine Auswertung der Thermostrome der Thermosäulen 21 möglich ist.

Die elektrische Kontaktierung der Enden der Thermosäule 21 mit den Stirnseiten 26 der elektrischen Kontaktsäulen 17 wird dadurch vorgenommen, daß diese Stirnseiten 26 nicht von der Membranschicht 20 bedeckt sind und damit frei zugänglich sind, und daß das Aufdampfen und Aufputtern des ersten und/oder zweiten Thermomaterials 22, 23 zu Thermosäulen 21 derart erfolgt, daß sich beispielsweise Leiterstreifen ausbilden, die auf der Oberfläche der Membranschicht 20 verlaufen und bis zu den Stirnseiten 26 zumindest der elektrischen Kontaktsäulen 17 reichen und dort den erforderlichen elektrischen Kontakt zwischen Thermosäule 21 und elektronischer Schaltung 12 herstellen. Dazu ist die Maskierung der Membranschicht und der zugänglichen Stirnseiten 26 zumindest der elektrischen Kontaktsäulen 17 beim Aufdampfen oder Aufputtern der Thermomaterialien 22, 23 geeignet vorzunehmen. Die erzeugten Leiterstreifen aus dem ersten bzw. zweiten Thermomaterial 22, 23 haben eine typische Breite von 20 nm bis 200 µm, bevorzugt 200 nm bis 5 µm, und eine typische Dicke von 10 nm bis 10 µm, bevorzugt 100 nm bis 2 µm.

Zur Realisierung eines Thermosensors sind entsprechend Fig. 3 offensichtlich mindestens zwei elektrische Kontaktsäulen 17 erforderlich, die gleichzeitig die Membranschicht 20 tragen. Das Vorhandensein der thermischen Kontaktsäulen 19 ist dagegen nicht zwingend erforderlich. Bevorzugt steht jedoch eine Thermosäule 21 mit mindestens zwei elektrischen Kontaktsäulen 17 und mindestens einer thermischen Kontaktsäule 19 in Verbindung. In diesem Zusammenhang sei betont, daß die thermischen Kontaktsäulen 19 bevorzugt deutlich breiter, d. h. mit größerer Querschnittsfläche, ausgebildet sind als die elektrischen Kontaktsäulen 17, so daß mehrere Thermokontakte 27 nebeneinander auf einer gemeinsamen thermischen Kontaktsäule angeordnet werden können.

Weiterhin sind die Thermokontakte 27 d. h. die Berührungspunkte zwischen erstem und zweitem Thermomaterial 22, 23 derart auf der Membranschicht 20 angeordnet, daß sie abwechselnd direkt mit der Stirnseite 26 einer thermischen Kontaktsäule 26 als Wärmesenke und damit kaltem Bereich und direkt mit einem Bereich der Membranschicht 20 wärmeleitend in Verbindung sind. Da die Membranschicht 20 gegenüber den thermischen Kontaktsäulen 19, insbesondere gegenüber einem Metall, aus einem schlecht wärmeleitenden Material besteht, bildet sich ein deutlicher Temperaturgradient zwischen den auf den thermischen Kontaktsäulen 19 befindlichen Thermokontakten 27 und den benachbarten, auf der Membranschicht 20 befindlichen Thermokontakten 27 aus.

Hinsichtlich weiterer Details zum Aufbau und Herstellungsverfahren der Thermosäulen 21 und zum dem Funktionsprinzip des Thermosensors sei auf die Patentanmeldung DE 198 43 984.9 verwiesen.

Die Anordnung der Thermosäulen 21 auf der Membranschicht 20 erfolgt weiter bevorzugt in Form einer regelmäßigen Anordnung einer Vielzahl von Thermosäulen mit einem Abstand von 1 µm bis 500 µm. Dieser Abstand definiert insbesondere auch die örtliche Auflösung des damit erzeugten Thermosensorarrays 5.

Bezugszeichenliste

| | | |
|----|-------------------------------|----|
| 5 | Thermosensorarray | 10 |
| 11 | Siliziumkörper | |
| 12 | elektronische Schaltung | |
| 13 | elektrische Kontaktierung | |
| 14 | Passivierschicht | |
| 15 | thermische Substratankopplung | 15 |
| 16 | Abschideschicht | |
| 17 | elektrische Kontaktsäule | |
| 18 | Polymer | |
| 18 | Polymerschicht | |
| 19 | thermische Kontaktsäule | 20 |
| 20 | Membranschicht | |
| 21 | Thermosäule | |
| 22 | erstes Thermomaterial | |
| 23 | zweites Thermomaterial | |
| 24 | Ausnehmungen | 25 |
| 25 | Aussparungen | |
| 26 | Stirnseite | |
| 27 | Thermokontakt | |

Patentansprüche

1. Sensor, insbesondere Thermosensor, mit einem Siliziumkörper (11) und einer weitgehend freitragenden, mit mindestens einem Sensorelement versehenen Membranschicht (20), **dadurch gekennzeichnet**, daß die Membranschicht (20) über mindestens eine Kontaktsäule (17, 19) von dem Siliziumkörper (11) beabstandet und dadurch zumindest weitgehend getragen ist, wobei die Kontaktsäule (17) das Sensorelement elektrisch kontaktiert. 35
2. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensorelement über mindestens zwei elektrische Kontaktsäulen (17) mit einer elektronischen Schaltung (12), insbesondere einer in den Siliziumkörper (11) integrierten elektronischen Schaltung (12), elektrisch leitend in Verbindung steht. 40
3. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Membranschicht (20) aus einem gegenüber einem Metall schlecht wärmeleitenden Material, insbesondere Siliziumnitrid, besteht. 45
4. Sensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktsäulen (17, 19) in thermische Kontaktsäulen (19) und elektrische Kontaktsäulen (17) unterteilt sind, wobei das Sensorelement über die elektrischen Kontaktsäulen (17) elektrisch leitend mit der elektronischen Schaltung (12) in Verbindung steht, und wobei das Sensorelement durch die thermischen Kontaktsäulen (19) von der elektrischen Schaltung (12) elektrisch isoliert ist. 50
5. Sensor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die thermischen Kontaktsäulen (19) oder die thermischen Kontaktsäulen (19) und die elektrischen Kontaktsäulen (17) mit dem Siliziumkörper (11) wärmeleitend in Verbindung stehen. 55
6. Sensor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die thermischen Kontaktsäulen (19) oder die thermischen Kontaktsäulen (19) und die elektrischen Kontaktsäulen (17) gegenüber der Membranschicht (20) 60

Wärmesenken bilden und aus einem Metall, insbesondere Co, Cu, Ni, Au, Pt, Al, Ag, Ti, Pd oder Pt, bestehen.

7. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensorelement eine Thermosäule (21) ist, die mindestens ein Thermoelement oder Thermopaar aufweist, das zumindest aus einem ersten Thermomaterial (22) und einem zweiten Thermomaterial (23) gebildet ist, und das zumindest punktuell einen Thermokontakt (27) aufweist.

8. Sensor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Thermosäule (21) mindestens zwei in Serie geschaltete Thermoelemente oder Thermopaare aufweist, deren Thermokontakte (27) abwechselnd direkt mit einer thermischen Kontaktsäule (19) und der Membranschicht (20) in Kontakt sind.

9. Sensor nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Membranschicht (20) derart strukturiert ist, daß die Stirnseiten (26) der Kontaktsäulen (17, 19) nicht von der Membranschicht (20) bedeckt sind.

10. Sensor nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Membranschicht (20) eine Vielzahl von insbesondere regelmäßig angeordneten Thermosäulen (21) vorgesehen ist, die ein Thermosensorarray (5) bilden.

11. Verfahren zur Herstellung einer weitgehend freitragenden Membran, wobei auf einem Grundkörper zunächst eine Polymerschicht (18') abgeschieden, strukturiert und mit mindestens einer Ausnehmung (24) versehen wird und wobei die Ausnehmung (24) anschließend mit einem Füllmaterial gefüllt wird, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Füllen der Ausnehmung (24) auf die Polymerschicht (18') eine Membranschicht (20) aufgebracht und danach die Polymerschicht (18') wieder entfernt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Füllen der Ausnehmungen (24) mit einem galvanischen Abscheideverfahren erfolgt, und daß als Füllmaterial ein Metall eingesetzt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß als Grundkörper ein Siliziumkörper (11), insbesondere ein Siliziumwafer eingesetzt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 11 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Grundkörper bereichsweise vor dem Abscheiden der Polymerschicht (18') mit einer elektronischen Schaltung (12), insbesondere einer integrierten elektronischen Schaltung mit zumindest bereichsweise oberflächlich zugänglichen Anschlußkontaktierungen versehen wird.

15. Verfahren nach Anspruch 11 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Grundkörper oder der Grundkörper mit der elektronischen Schaltung vor dem Abscheiden der Polymerschicht (18') zumindest bereichsweise mit einer Passivierschicht (14), insbesondere einer Passivierschicht (14) aus Siliziumnitrid versehen wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Passivierschicht (14) nach dem Aufbringen strukturiert und mit Aussparungen (25) versehen wird.

17. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Grundkörper vor dem Abscheiden der Polymerschicht (18') mit einer elektrisch leitenden, insbesondere metallischen Abschideschicht (16) versehen wird.

18. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Entfernen der Polymerschicht (18') naßchemisch oder mittels eines Sauerstoffplasmaver-

aschungsprozesses erfolgt.

19. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß als Material der Membranschicht (20) ein gegenüber einem Metall schlecht wärmeleitendes und/oder elektrisch zumindest weitgehend isolierendes Material, insbesondere Siliziumnitrid eingesetzt wird. 5

20. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Membranschicht (20) vor dem Entfernen der Polymerschicht (18') zumindest im Bereich der Ausnehmungen (24) mit einer Strukturierung versehen und danach die Membranschicht (20) im Bereich der Ausnehmungen (24) wieder entfernt wird. 10

21. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 11 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmungen (24) und die Aussparungen (25) zumindest weitgehend übereinander angeordnet sind. 15

22. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 11 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Abscheideschicht (16) nach dem Entfernen der Polymerschicht (18') zumindest weitgehend wieder entfernt wird. 20

23. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 11 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Membranschicht (20) mindestens ein Sensorelement, insbesondere ein Thermosensorelement aufgebracht und über die mit dem Füllmaterial gefüllten Ausnehmungen (24) mit dem Grundkörper elektrisch leitend und/oder wärmeleitend verbunden wird. 25

24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufbringen des Sensorelementes durch bereichsweises Aufbringen, insbesondere Aufdampfen oder Aufputtern, eines ersten Thermomaterials (22), insbesondere Aluminium, und eines zweiten Thermomaterials (23), insbesondere Polysilizium erfolgt. 30

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

